# علم المواد

## اللدائن

# اللدائن

**الجدارة:** التعرف على المفاهيم والتعريفات الخاصة باللدائن.

**الأهداف:**

عندما يكتمل هذا الفصل يكون الطالب قادراً على معرفة:

- التفاعلات المكونة للدائن.
- تركيب اللدائن.
- أنواع اللدائن.

**مستوى الأداء المطلوب:** يجب أن يصل الطالب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90%.

**الوقت المتوقع للتدريب:** أربع ساعات

1- **مقدمة**

المواد الهندسية هي المواد الأولية والمصنعة التي تستعمل في إنتاج السلع والأدوات المختلفة، وتنقسم إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي:

أ- المواد المعدنية: حديدية (الصلب، حديد زهر) وغير حديدية (الألمنيوم، النحاس، ...).

ب- المواد غير المعدنية: طبيعية ( الأخشاب) وصناعية ( اللدائن، مواد مساعدة ).

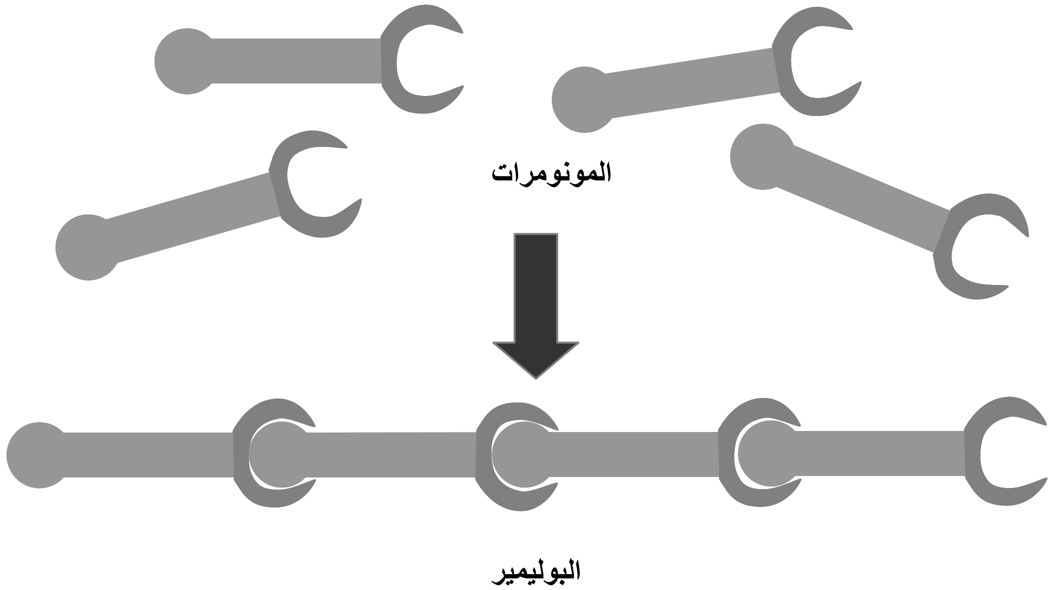
ج- المواد المركبة: (مواد تلبيد، كربيدات).

تنقسم المواد غير المعدنية إلى مواد عضوية ومواد غير عضوية. من المواد العضوية الأخشاب واللدائن والمطاط والورق والمواد الطلائية والجلد. ومن المواد غير العضوية الزجاج والسيليكات والمواد الخزفية والجرافيت.

اللدائن وتسمى أيضاً البوليمرات (Polymers) هي مواد من أصل عضوي، تتحول عند تسخينها إلى الحالة اللدنة وتتخذ عند الضغط عليها الأشكال المطلوبة للأجزاء المراد صناعتها. تتميز اللدائن بكثير من الخواص المرغوبة، وتنفرد بكثير منها في بعض الأحيان عن مواد الهندسة الأخرى. من أهم هذه الخواص خفة وزنها النوعي وتحملها للحرارة وانكماشها وقابليتها للانسياب وسرعة تجمدها ومقاومتها النوعية للصدمات وعازليتها للكهرباء. لقد حلت بعض البوليمرات المحضرة صناعياً في الآونة الأخيرة بشكل قوي في ميادين صناعية كثيرة، وهذا ناتج عن التطور الهائل الذي حصل في الصناعات الكيماوية القائمة على النفط ومشتقاته، وذلك لتميزها بصفات ميكانيكية جيدة كما تتميز برخص الثمن وتوفرها بشكل كبير. تم استخدامها في صناعة الأدوات المنزلية والصناعات المدنية كالسيارات والطائرات والأجهزة الكهربائية.

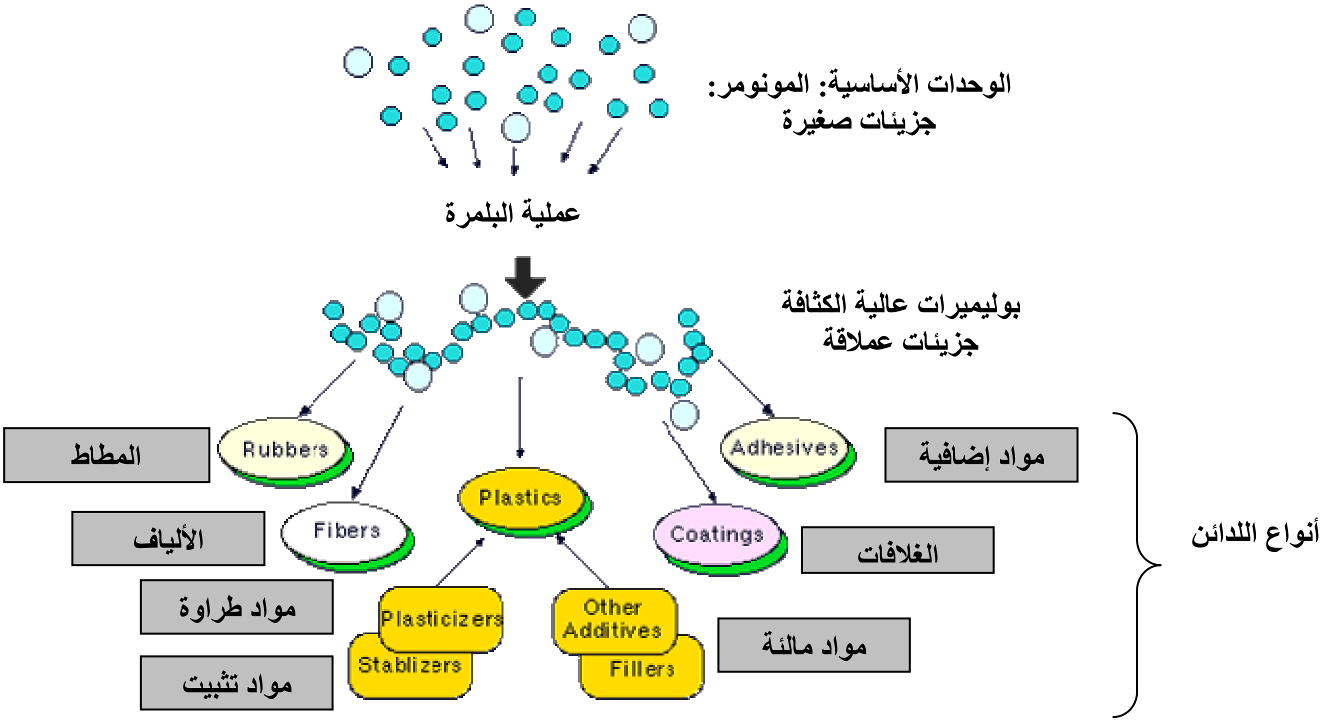
2- **التفاعلات المكونة للدائن** (Polymerization Reactions)

يبدأ تركيب اللدائن من المونومر (Monomer) وهو نقطة البداية لجميع اللدائن، وهذه الكلمة تعني جزءاً واحداً اشتقاقاً من اليونانية ويقصد بها المادة المكونة من جزيئات صغيرة ذات حجم واحد أي أنه من مركب بسيط، وعندما يتفاعل هذا المركب البسيط تحت ظروف معينة، فإنه يتحد مع بعضه البعض في ترتيب معين ذي خواص مميزة معطياً جزيئات متعددة تسمى البوليمر (Polymer) وهذا ما يعنيه المقطع (Poly). الشكل (1.8) يوضح رسم تمثيلي لصورة المونومر والبوليمر. والبوليمير هو مركب كيميائي أو مخلوط من المركبات الكيمائية تكونت بواسطة عملية البلمرة (Polymerization) وهي العملية التي يتم فيها اتحاد جزيئين أو أكثر لتكوين جزيء أكبر، نتيجة تفاعل كيميائي تحت ظروف مناسبة من درجة الحرارة والضغط والعوامل المنشطة.




**الشكل (1.8): رسم تمثيلي للمونومر والبوليمير**

إن عملية البلمرة،رغم أنها عملية معقدة في المختبر الكيميائي إلا أنها سهلة الفهم نظرياً، ويمكننا تعريفها بأنها ذلك التفاعل الكيميائي الذي يربط المونومرات ببعضها لتكوين جزئيات كبيرة ذات وزن جزئي مضاعف لوزن المادة الأصلية كما هو موضح في الشكل (2.8).




**الشكل (2.8): رسم توضيحي لعملية البلمرة**

التفاعلات الكيميائية في البلمرة تتم تحت ظروف من الحرارة والضغط ومواد كيميائية تعمل على تنشيط هذه التفاعلات. هناك ثلاثة أنواع رئيسية لعمليات البلمرة هي:

**2-1البلمرة بالإضافة** (Addition Polymerization)

تسمى كذلك البلمرة التراكمية، وفيها يتم كسر الرابطة المزدوجة بين ذرتي الكربون لتصبح أذرعتها الأربعة حرة في جذب أذرع حرة لذرات أخرى وفور كسر الرابطة المزدوجة يتم ارتباط ذرات الكربون ببعضها في وضع أكثر استقراراً على شكل سلسلة طويلة.

**2-2 البلمرة بالتكثيف** (Condensation Polymerization)

تشبه عملية البلمرة بالإضافة إلا أنها تحدث في المونومر تغيير كيميائي نتيجة فقدان ذرة من المونومر أثناء الربط بين الذرات المطلوبة مما يسمح لذرات سلسلة الجزيئات في جذب أذرع ذرات أخرى من السلسلة القريبة، أما الذرات المفقودة فتكون عبارة عن جزيئات منفصلة، وغالباً تكون عبارة عن جزيئات الماء $(H_2O)$ أو أي مركب آخر يتكاثف خارج نطاق عملية تكوين الجسم بالبلمرة.

**2-3 البلمرة بالتجميع** (Copolymerization)

تسمى كذلك البلمرة الإسهامية. يمكن لعدة مونومرات مختلفة أن تتحد مع بعضها البعض بعملية بلمرة لتكون بوليمير تساهمياً، حيث يمكن الحصول على الصفات المميزة المرغوبة لنوع معين من اللدائن وذلك بإعادة ترتيب المجموعات الكيميائية الفعالة في المونومرات ذات الصلة. لتوضيح ذلك نفترض أنه لدينا المونومر A والمونومرB، نجد أن إمكانية اتحادهما في ترتيبات مختلفة قد يكون تبادلياً أو عشوائياً و بالتالي إمكانية تكون بوليميرات مختلفة اعتماداً على كيفية الترتيب.

3- **تركيب اللدائن**

**3-1 المونومر** (Monomer)

يقصد بالمونومر مركب كيميائي بسيط ذو وزن جزيئي صغير، ويتميز جزيء هذا المركب بتركيب خاص يمكنه التفاعل مع جزيء آخر من نفس النوع أو مع جزيء لمركب آخر تحت ظروف مناسبة لتكوين سلسلة البوليمير. وهذه بعض المونومرات الشائعة في تكوين مختلف البوليميرات المستخدمة بكثرة في شتى ميادين صناعية:

أ- الميتان $CH_4$: غاز عديم اللون والرائحة، يدخل في تكوين راتنجات الفينولات واليوريا والاكريليك والإيثيلين.

ب- الإيثيلين $C_2H_4$: غاز عديم اللون والطعم، يدخل في تكوين راتنجات الفينيل والرايون والبوليستر والبولي فينيل والبولي إيثلين.

ج- البروبلين $C_2H_6$: غاز عديم اللون والطعم، يدخل في تكوين راتنجات الإيبوكسي والبولي بروبين.

د- البنزين $C_6H_6$ : سائل أروماتي (عطري ) نقي يدخل في تكوين راتنجات السيترين و النيلون.

## 2-3 البوليمر (polymer)

يسمى في بعض الأحيان الجزيء العملاق (macromolecule) وهو جزيء لمركب كيميائي يتميز بوزن جزيئي عالٍ: مابين ($10^6$-100000) ويكون على شكل سلسلة حلقاتها عبارة عن جزيئات لمركب بسيط ترتبط مع بعضها البعض بروابط تساهمية (covalent bond ). البلاستيك على سبيل المثال هو بوليمير، يوجد على شكل بودرة أو حبيبات أو عجائن، حسب طبيعة الاستخدام.

مثال1: بوليمير البولي إيثلين **(Polyethylene)**

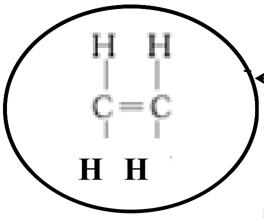
يعتبر بوليمير البولي الإيثلين والمعروف اختصاراً بـ (PE) من أكثر البوليميرات استعمالاً. الوحدة الأساسية (المونومر) في تركيبه هو غاز الإثلين وصيغته الكيميائية $C_2H_4$ حيث ترتبط ذرتي الكربون برابطة مزدوجة يسهل كسرها لتعود الأذرع الكربونية الأربعة إلى استقرارها الكيميائي، وهذه هي الخطوة الأولى في تغير المونومرات وتجميعها إلى بوليمير كما هو موضح في الشكل (3.8)، وبذلك يتبين لنا أن مونومر الإيثلين قد أعاد ترتيب نفسه وتكون أذرعته أكثر ثباتاً كيميائياً ومستعدة للالتحام مع وحدات أخرى.

مثال 2: بوليمير البولي فينيل الكلورايد **(Polyvinylchloride)**

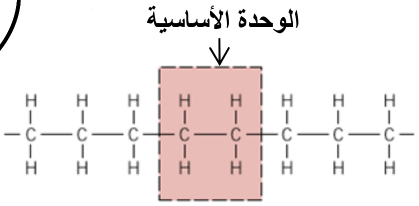
بوليمير البولي فينيل الكلورايد ويعرف اختصاراً بـ (PVC) يتكون من اتحاد مونومرات فينيل الكلورايد كما هو موضح في الشكل (4.8).

مثال3: بوليمير البولي بروبلين (Polypropylene)

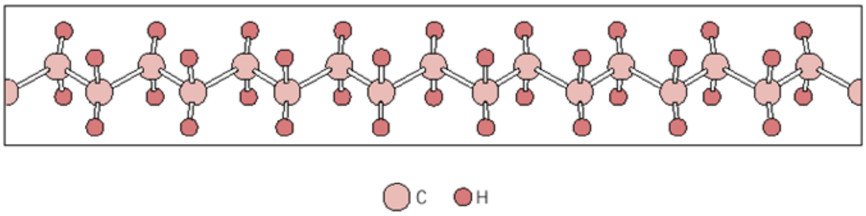
بوليمير البولي بروبلين والمعروف اختصاراً بـ (PP) يتكون من اتحاد مونومرات البروبلين كما هو موضح في الشكل (5.8).



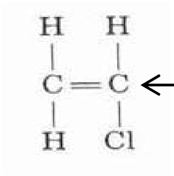
المونومر: غاز الإثلين (Ethylene)



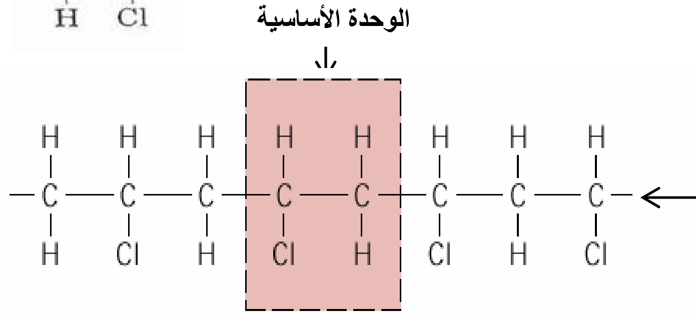

البوليمير: البولي إيثلين
(Polyethylene)



الشكل (3.8 ): تركيب بوليمير البولى إيثلين

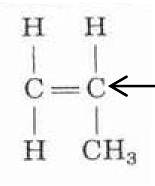


المونومر: فينيل الكلورايد ( Vinylchloride)

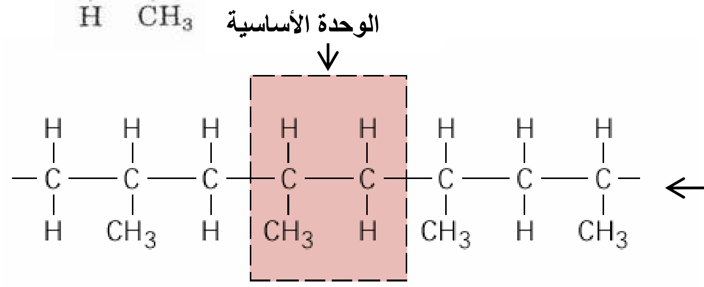



البوليمير: البولي فينيل الكلورايد
)Polyvinylchloride (

الشكل (4.8): بوليمير البولي فينيل الكلورايد(PVC)



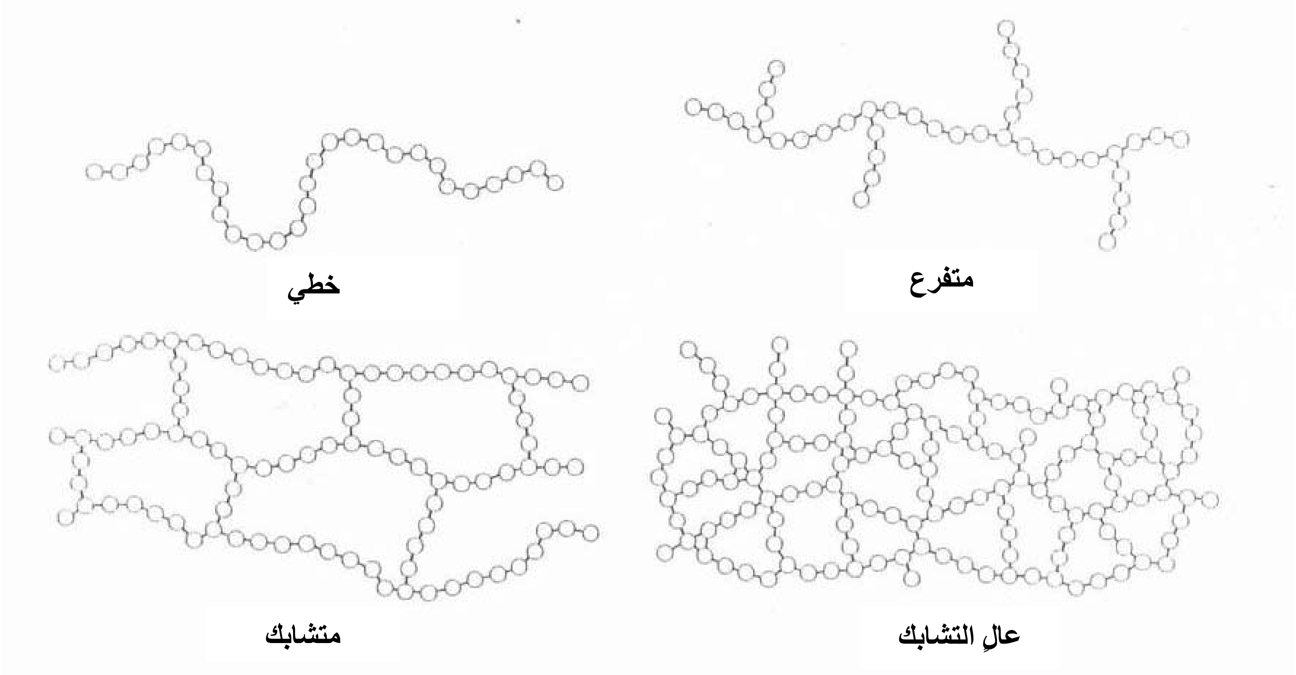
المونومر: البروبلين (Propylene)




البوليمير: البولي بروبلين
(Polypropylene)

الشكل (5.8): بوليمير البولي بروبلين(PP)

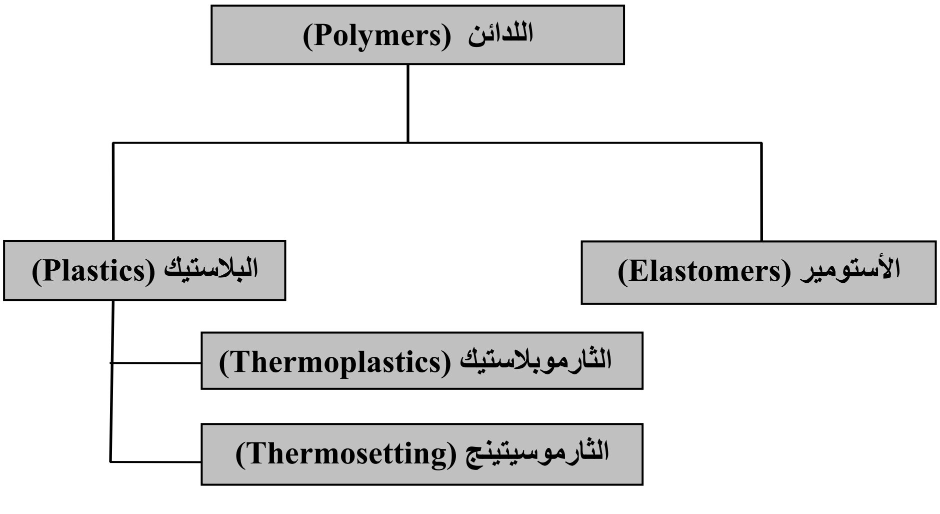
بصفة عامة تكون جزيئات البوليمير مرتبطة مع بعضها البعض على شكل خطي فيدعى البوليمير الخطي (Linear) وأحياناً أخرى تكون الجزيئات متفرعة فيدعى البوليمير المتفرع (Branched) وقد يكون متشابك (Cross-Linked) وأخيرا عالٍ التشابك (Network). الشكل (6.8) يوضح شكل ترتيب هذه الأنواع من الارتباطات.




الشكل (6.8): أنواع ارتباط الجزيئات فى البوليميرات

## 4- أنواع اللدائن

تصنف اللدائن حسب خواصها التكنولوجية واستخداماتها العملية إلى الأصناف التالية الموضحة في الشكل (7.8)




الشكل (7.8): أنواع اللدائن

**4-1 الأستومير** (Elastomers)

تسمى كذلك المبلمرات المرنة أو المطاط. هي مواد هيدروكربونية ذات أوزان جزيئية عالية. تتميز بقدرتها على تحمل الزيادة في الإستطالة تتراوح بين 100% إلى 500% ومن ثم ترتد إلى شكلها الأصلي بعد إزالة السبب. تنتج هذه المرونة الكبيرة من عملية ترابط شبكي بسيط بين السلاسل المكونة لها ومن أشهرها المطاط الطبيعي والسيلكون ( Silicone ) و النيوبرين ( Neoprene ).

**4-2 البلاستيك** (Plastics)

هي البوليميرات الصلبة التي تتكون من بوليميرات لدنة إلى شديدة الصلابة. هناك نوعان رئيسيان من البلاستيك:

أ-الثارموبلاستيك (Thermoplastics )

مواد الثارموبلاستيك هي المواد الناتجة عن طريقة البلمرة بالإضافة، و هي مواد صلبة عند درجات الحرارة العادية ولكنها تلين بالحرارة و تتحول إلى ما يشبه العجينة بحيث يمكن تغيير هيئتها باليد، وإذا تم رفع درجة حرارتها أكثر تصبح عبارة عن سائل. عند تبريدها من الحالة السائلة فإنها تتصلب تدريجياً لتعود ثانية إلى حالتها الصلبة الأولى دون تغير في تركيبها الكيميائي. ترجع هذه الخاصية إلى ضعف قوى الربط بين جزئيات البوليمير. لهذا السبب تسمى في بعض الأحيان بالبلاستيك المطاوع للحرارة، وهذا يعطينا الفرصة لإعادة تشكيلها مرات ومرات. من أشهر أنواع الثارموبلاستيك التجارية:

- البولي إيثيلين (PE) ويوجد منه نوعان: عالٍ الكثافة ( Polyethylene high density ) ويرمز له اختصاراً بـ HDPE وقليل الكثافة (Polyethylene low density ) ويرمز له اختصاراً بـ LDPE.
- بولي فينل كلورايد (PVC ) يستخدم في الصناعات الإنشائية وصناعة الأبواب والشبابيك لمتانته وإمكانية تلوينه.
- بولي بروبلين (PP)
- بولي ستايرين (PS) Polystyrene

ب-الثارموسيتينج (Thermosetting Plastics)

مواد الثارموسيتينج تنتج عن طريق البلمرة بالتكثيف. تتميز بتغير تركيبها الكيميائي تحت تأثير الحرارة والضغط، حيث تتشابك فيها السلاسل البوليميرية مخالفة بذلك سلوك مواد الثرموبلاستيك بسبب التفاعل غير الانعكاسي الذي تتكون بواسطته في عملية البلمرة لتعطي كتلة جاسئة صلبة غير قابلة للإنصهار وقابلة للكسر. قوة الرابطة الكيميائية بين وحداتها تمنع الإنزلاق بين جزئيات السلسلة الكربونية في البوليمير. هذه الرابطة الكيميائية القوية هي سبب مقاومة البوليمير للحرارة العالية وعدم

تليينها بالحرارة، وإنما تتفحم وتتكسر. يصنع منه على سبيل المثال فيشة الأجهزة الكهربائية لتحملها الحرارة الناتجة عن التيار الكهربائي.

## أسئلة تحريرية

السؤال الأول

ضع علامة (نعم ) أمام الإجابة الصحيحة و علامة (لا ) أمام الإجابة الخاطئة:

1- اللدائن هي إحدى مواد التصنيع الحديثة ( )
2- تتحول اللدائن إلى الحالة السائلة عند تسخينها ( )
3- من ميزات اللدائن صعوبة تشكيلها ( )
4- يتميز البوليمير بوزن جزئي عالٍ ( )
5- المونومر هو الوحدة الأساسية في تركيبه البوليمير ( )
6- تسمى عملية اتحاد المونومرات لتكوين البوليمير بعملية البلمرة ( )
7- عملية البلمرة بالإضافة تعني كسر الرابطة المزدوجة (كربون - كربون) ( )
8- بوليمير الإستمير له استطالة ضعيفة جداً ( )
9- البولي إيثيلين هو أحد أنواع البلاستيك ( )
10- يمكن إعادة تشكيل الثارموبلاستيك مرات عديدة ( )

**السؤال الثاني**

**اختر الإجابة الصحيحة لكل مايلي:**

1- ترتبط المونومرات في البوليمر برابطة:

أ- فلزية
ب- تساهمية
ج- معدنية

2- اللدائن هي مواد:

أ- معدنية

ب- غير معدنية طبيعية

ج- غير معدنية صناعية

3- الثارموبلاستيك هو نوع من البلاستيك:

أ- يتصلد بالحرارة

ب- ينصهر بالحرارة

ج- يستطيل بالحرارة

4- من ميزات بوليمير الأستومير:

أ- كبير الاستطالة

ب- قليل الاستطالة

ج- عديم الاستطالة

5- البوليميرات هي مواد:

أ- ثقيلة الوزن الجزيئي

ب- خفيفة الوزن الجزيئي

ج- موصلة للكهرباء والحرارة

6- يصنع البولي إيثيلين من مونومر:

أ- الميثان

ب- الإيثيلين

ج- البنزين

7- البوليميرات هي إحدى صناعات:

أ- الحديد والصلب

ب- النفط ومشتقاته

ج- السيراميك

## السؤال الثالث

**املأ الفراغ بالكلمات المناسبة في العبارات التالية:**

1- تنقسم المواد غير المعدنية إلى مواد.................ومواد غير عضوية. من المواد العضوية الأخشاب و ............ والمطاط والورق . ومن المواد غير العضوية.......................والسيليكات و المواد الخزفية.

2- يبدأ تركيب اللدائن من ................. وهو نقطة البداية لجميع اللدائن، وهذه الكلمة تعني ................... ويقصد بها المادة المكونة من جزيئات صغيرة ذات حجم واحد.

3- البلمرة بالإضافة يتم فيها.......................المزدوجة بين ذرتي الكربون لتصبح أذرعتها الأربعة حرة في جذب أذرع حرة لذرات أخرى، وفور كسر الرابطة المزدوجة يتم .................... الذرات ببعضها في وضع أكثر استقراراً وعلى شكل ........................... .

4- الثارموبلاستيك هي المواد الناتجة عن طريق البلمرة.................. وهي الأكثر انتشاراً في لدائن البلاستيك وتتميز.............. بالتبريد و................بالحرارة دون تغيير في تركيبها الكيميائي وهذا يعطينا الفرصة لإعادة .................. مرات عديدة.

5- الثارموسيتينج هي المواد الناتجة عن طريق البلمرة ..................وتتميز بتغير تركيبها الكيميائي تحت تأثير الحرارة والضغط مخالفة بذلك مواد ..........................